

แนวการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21

21st Century Learning in Science

รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม¹

บทคัดย่อ

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ผ่านมา มีการสั่งสมและถ่ายทอดผ่านกระบวนการเรียนการสอนที่มุ่งพัฒนาให้เป็นคนเก่ง เรียนรู้รอบด้าน แต่การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เริ่มเปลี่ยนแปลงไปเป็นอย่างมากในช่วงต้นศตวรรษที่ 21 เนื่องด้วยบริบทของปัจจัยสนับสนุนการเรียนรู้เปลี่ยนแปลงสู่สังคมออนไลน์และโลกแห่งความรู้ที่ไร้พรมแดน ธรรมชาติการเรียนรู้ก็เปลี่ยนแปลงไปภายใต้เงื่อนไขของเวลาที่มีจำกัดมากขึ้น การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 จึงเป็นการเรียนรู้เพื่อรู้อย่างเท่าทันการเปลี่ยนแปลง ปรับเปลี่ยนผู้เรียนให้รู้จักปรับตัวแสวงหาความรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยทักษะที่จำเป็นมากขึ้น

คำสำคัญ : การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ศตวรรษที่ 21 การศึกษาวิทยาศาสตร์

Abstract

The Scientific knowledge in the previous era was accumulated & transferred via instruction process that needed students to be mastery learner. The initial era of the 21st century is subject to be changed due to learning infrastructure & ICT that allow students to have borderless of learning. Science Learning in the 21st century has to be a kind of changing woeld literacy, that helps learners to gain essential skills in adapting themselves to the changes and to construct knowledge by means of scientific process.

Keywords : learning in science, 21st century, science education

¹รองศาสตราจารย์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

บทนำ

“การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ดีในศตวรรษที่ 21 ควรจะมีลักษณะอย่างไร?” คำถามสำคัญสำหรับนักการศึกษาวิทยาศาสตร์และเป็นคำถามที่กำลังท้าทายแวดวงวิทยาศาสตร์ศึกษาทั่วโลก เมื่อวิถีชีวิตและมิติแห่งการเรียนรู้ในยุคปัจจุบันเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากมาย สืบเนื่องจากการปฏิวัติทางเทคโนโลยีสารสนเทศ การแพร่กระจายของความรู้และวิทยาการต่างๆ แบบก้าวกระโดด (วิจารณ์ พานิช, 2555) การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พัฒนาตนเองอย่างเต็มที่ ได้เปิดกว้างทางความคิด มีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ พัฒนาชีวิตด้วยทักษะและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เรียนรู้สิ่งต่างๆ จากสิ่งแวดล้อมภายนอกมากกว่าแค่การซึมซับความรู้ภายในห้องเรียน การทำความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ต้องเปิดพื้นที่การเรียนรู้และขยายขอบเขตการสร้างความรู้ให้สอดคล้องกับสภาพสังคมที่กำลังวิวัฒนาการอย่างต่อเนื่อง ส่งเสริมคุณลักษณะต่างๆ ที่จำเป็นต่อการนำไปใช้ดำรงชีวิตและช่วยค้ำจุนให้ผู้เรียนสามารถอยู่ร่วมกับสังคมได้อย่างปกติสุข (Marzano et.al., 2001)

กระบวนทัศน์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21

หนังสือ 21st Century Skills : Learning for Life in Our Times ได้ระบุคุณลักษณะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ที่เป็นแนวทางให้นักการศึกษาทั่วโลกได้ทำความเข้าใจในธรรมชาติการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพบริบทต่างๆ ซึ่งเป็นผลมาจากการปฏิรูปการเรียนรู้ การปฏิวัติทางเทคโนโลยีสารสนเทศ การเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมือง และวัฒนธรรม ผู้เรียนต้องพัฒนาตนเองในทุกๆ ด้าน และเติมตามศักยภาพเพื่อให้พร้อมกับการก้าวสู่สังคมแห่งการเรียนรู้ (Trilling & Fadel, 2009) ผู้เรียนต้องมีทักษะที่จำเป็นในการดำรงชีวิต มีทักษะทางเทคโนโลยีสารสนเทศที่ดีเพื่อการติดต่อสื่อสารกับเครือข่ายที่หลากหลายรูปแบบ สามารถสืบเสาะข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้อย่างมีประสิทธิภาพและสื่อสารอย่างสร้างสรรค์ได้เป็นอย่างดี (ประสาธน์ เนืองเฉลิม, 2545; ประสาธน์ เนืองเฉลิม, 2557)

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ยุคปฏิรูปจึงต้องตั้งคำถามสำคัญที่สอดคล้องกับสังคมฐานความรู้ ก็คือ “ผู้เรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างไร?” น่าจะเป็นคำถามที่น่าสนใจและผู้สอนสามารถแปลงไปสู่การออกแบบและจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้ ผู้สอนต้องเข้าใจในธรรมชาติของผู้เรียนและพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมว่าผู้เรียนได้เรียนรู้อะไร (What do they know?) และเรียนรู้อย่างไร (How do they know?) ซึ่งจะช่วยจรรโลงให้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นมีคุณค่าและความหมายต่อชีวิต ผู้สอนต้องทำความเข้าใจภูมิหลังของยุคการเรียนรู้ซึ่งได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนผ่านของแต่ละยุคแต่ละสมัยด้วยเหตุผลหลายประการ การทำความเข้าใจในภูมิหลังของยุคการเรียนรู้จะช่วยให้ผู้สอนออกแบบและจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม (Hensch, 1999; Kail and Cavanaugh, 2007; Santrock, 2006) หากจะแบ่งพัฒนาการการเรียนรู้ตามช่วงวัยของผู้เรียน สามารถสรุปได้ดังนี้

- ยุค Babyboom (เกิดระหว่างปี ค.ศ. 1945-1964) เป็นยุคของคนที่เกิดหลังสงครามโลกครั้งที่สอง ปัจจุบันก็คือกลุ่มคนในองค์กรต่างๆ ที่อยู่ในช่วงวัย 50 ปีขึ้นไป หลายคนมักมองว่าคนกลุ่มนี้เป็นหัวอนุรักษ์นิยม

ยึดมั่นและเคารพในประเพณีอันดีงาม มีความเป็นระเบียบเรียบร้อย ดำรงชีวิตภายใต้กรอบศีลธรรม เรียนรู้ผ่านการคิดและประเพณีวัฒนธรรมอันดีงามตามภูมิปัญญาของท้องถิ่น สัมผัสความดี ความงาม และถ่ายทอดสิ่งเหล่านี้สู่รุ่นหลังด้วยกระบวนการบ่มเพาะทางการศึกษาอย่างเป็นระบบ

● ยุค Generation X (เกิดระหว่างปี ค.ศ. 1965-1980) คนกลุ่มนี้เรียนรู้ผ่านการซึมซับประสบการณ์ และคุณงามความดีผ่านรุ่น Baby boom และทำงานอยู่ในองค์กรต่างๆ เรียนรู้การทำงานอย่างอิสระและสร้างสรรค์ผลงานด้วยจิตวิญญาณองค์ความรู้และวิทยาการต่างๆ ได้รับการสั่งสมและถ่ายทอดผ่านจากรุ่น Baby boom เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ได้รับการพัฒนาด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัย ความรู้จึงยังได้รับการผลิตออกมาอย่างหลากหลายและรวดเร็วยิ่งขึ้น และขณะเดียวกันก็เติบโตมายุคที่เทคโนโลยีสารสนเทศเริ่มพัฒนาการ และการทำงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเริ่มกระจายตัว รู้จักสืบเสาะค้นคว้าหาข้อมูล มีความคิดสร้างสรรค์ในการพัฒนานวัตกรรม กล้าแสดงออกมากกว่ารุ่น Baby boom เรียนรู้ที่จะเท่าเทียมและมีอิสระทางความคิด และบ่งบอกอัตลักษณ์ของตนเองมากขึ้น มีความสุขกับการทำงานที่เป็นประสบการณ์หลากหลาย และแปลกใหม่ มีความสามารถในการติดต่อสื่อสารและสนทนาภาษาอังกฤษได้ดีขึ้น

● ยุค Generation Y (เกิดระหว่างปี ค.ศ. 1981-1997) เป็นกลุ่มที่เป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศในยุคปัจจุบัน เพราะอยู่ในวัยเรียนและเริ่มทำงาน กลุ่มนี้เติบโตมาพร้อมกับความก้าวหน้าของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและสังคมออนไลน์ การเรียนรู้สิ่งต่างๆ จึงไม่คุ้นเคยกับบริบทที่ได้ยินได้ฟังผ่านรุ่น Baby boom การเรียนรู้ส่วนใหญ่เกิดขึ้นผ่านการเสาะหาข้อมูลข่าวสารหลายๆ วิธี ไม่ว่าจะเป็น โทรทัศน์ โทรศัพท์ วิดีโอ อินเทอร์เน็ต การติดต่อสื่อสารเป็นไปอย่างรวดเร็ว ความสามารถทางการสื่อสารไม่ว่าจะเป็นภาษาไทย ภาษาอังกฤษ ภาษาคอมพิวเตอร์ กลุ่มนี้มีความคุ้นเคยและสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ยอมรับความแตกต่างทางภาษาและวัฒนธรรมของต่างชาติมากขึ้น ชอบทำงานเป็นทีม ต้องการงานที่มีโอกาสพูดคุยสร้างปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงาน และเน้นให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อม

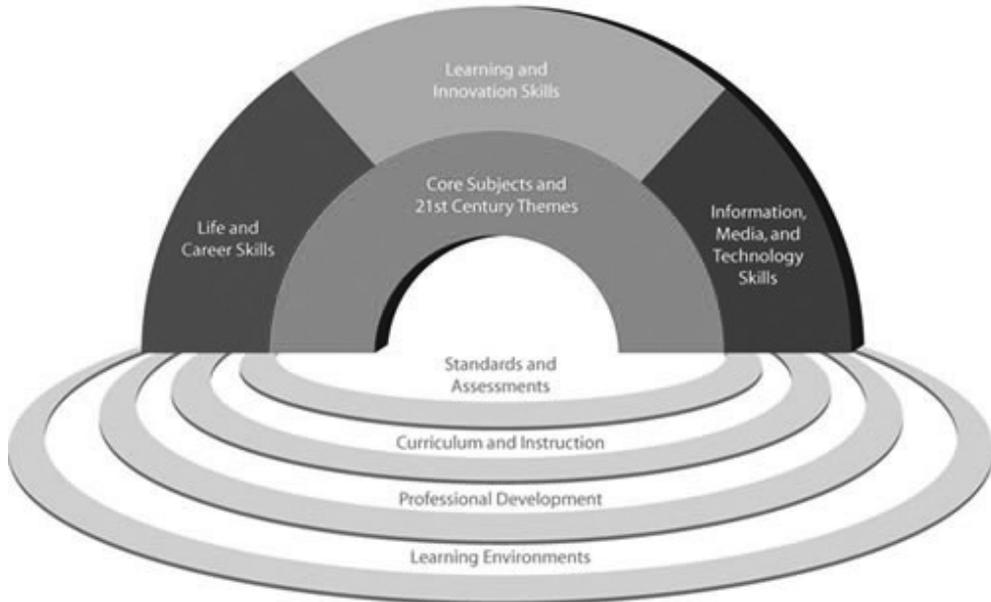
● ยุคคนที่เกิดหลัง Generation Y (เกิดหลังปี ค.ศ. 1997-ปัจจุบัน) อาจเรียกว่า Generation Z เป็นกลุ่มที่กำลังเติบโตและมีพัฒนาการมาพร้อมกับการสั่งสมความรู้ต่างๆ ที่ได้รับสืบทอดในรูปแบบของวัฒนธรรมอย่างก้าวกระโดด ในขณะที่เดียวกันพัฒนาการของเทคโนโลยีสารสนเทศก็พัฒนาอย่างรวดเร็ว ผู้เรียนสามารถเรียนรู้สิ่งต่างๆ ผ่านปลายนิ้วสัมผัสหน้าจอเครื่องมือสื่อสาร การสืบเสาะค้นคว้าข้อมูลเป็นเรื่องที่ไม่ยุ่งยากมากเกินไป การเรียนรู้ภาษาและวัฒนธรรมต่างๆ สะดวกมากยิ่งขึ้น มีความสุขกับการทำงานร่วมกับกลุ่มเพื่อน รู้จักสื่อสารผ่านสังคมออนไลน์และแลกเปลี่ยนแนวคิดตนเองกับสังคมอย่างอิสระ ชอบท่องเที่ยว เพลิดเพลินกว้างและรับรู้ประสบการณ์ใหม่ๆ ผู้เรียนวัยนี้ต้องการที่จะให้ผู้อื่นยอมรับโดยการแสดงความต้องการและความรู้สึกมากขึ้น การทำความเข้าใจเกี่ยวกับพัฒนาการการเรียนรู้ ช่วยให้นักการศึกษาเข้าใจพัฒนาการทางความคิดเช่นกัน เมื่อสังคมเริ่มเกิดปรับตัวไปสู่โลกกว้างด้วยสื่อสังคมออนไลน์ สังคมเริ่มหันมาตระหนักถึงความสำคัญของการเสาะหาข้อมูลที่ต้องใช้วิจารณญาณ คิดไตร่ตรอง มองให้กว้าง ยึดหลักการเข้าถึงความรู้ความจริงที่ผ่านประสบการณ์ตรง ดังคำกล่าวของ Marcus Aurelius ที่ว่า "Everything we hear is an opinion, not a fact. Everything we see is a

perspective, not the truth.” แต่ข้อมูลที่ได้รับความนิยมมักเป็นข้อมูลตฤนิหรือตฤนิ การเรียนรู้อุทธยาศาสตร์ จึงต้องปลูกฝังให้ผู้เรียนรู้อุทธยาศาสตร์ วิจยารณ และสืบเสาะหาความรู้อุทธยาศาสตร์ สามารถนำความรู้อุทธยาศาสตร์ มาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาคุณภาพชีวิต

ผู้สอนต้องจัดประสพการณ์การเรียนรู้อุทธยาศาสตร์ให้ผู้เรียนได้ออกไปเผชิญการเปลี่ยนแปลงเรียนรู้อุทธยาศาสตร์ไปพร้อมๆกับทฤษฎีค้นคว้าหาความรู้อุทธยาศาสตร์ด้วยตนเองโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีประสิทธิภาพ (จริยา สุจารีกุล, 2550) การเรียนการสอนอุทธยาศาสตร์ต้องบูรณาการศาสตร์ต่างๆ และบ่มเพาะเรื่องสิทธิ เสรีภาพ และความเป็นพลเมืองตามระบอบประชาธิปไตย (ไพเราะ ทิพยทัศน์, 2553) ต้องอาศัยการคิดแก้ปัญหาาร่วมกันกับทุกภาคส่วน คิดอย่างมีวิจยารณญาณต่อผลกระทบที่ตามมาหลังจากนำนวัตกรรมไปใช้ และสิ่งสำคัญที่จะทำให้เกิดการเรียนรู้อุทธยาศาสตร์และพัฒนาวัตกรรมก็คือทักษะการสื่อสารอย่างสร้างสรรค์และมีประสิทธิภาพ

ผู้สอนต้องเชื่อเป็นพื้นฐานว่าผู้เรียนทุกคนมีศักยภาพในการเรียนรู้อุทธยาศาสตร์ แต่ต้องได้รับการสนับสนุน ซึ่งเน้นอย่างเหมาะสม ผู้เรียนแต่ละคนสามารถประเมินความก้าวหน้าการเรียนรู้อุทธยาศาสตร์ของตนเองได้ ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความสามารถและทักษะต่างๆ ผ่านกิจกรรมกลุ่ม คิด จินตนาการ ทดลอง ลงมือทำ อภิปราย และสะท้อนคิดซึ่งสิ่งเหล่านี้จะช่วยให้ผู้เรียนรู้อุทธยาศาสตร์ได้อย่างยาวนาน เรียนรู้อุทธยาศาสตร์เพื่อสามารถแก้ปัญหาตามวิถีทางแบบประชาธิปไตยมากขึ้น กล่าวได้ว่าการเรียนการสอนอุทธยาศาสตร์ในศตวรรษนี้จึงมุ่งพัฒนาทั้งความรู้อุทธยาศาสตร์และทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต (ภาพที่ 1)

1. ทักษะด้านการเรียนรู้อุทธยาศาสตร์และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) การเรียนรู้อุทธยาศาสตร์ของคนในศตวรรษที่ 21 ผ่านการสืบค้นข้อมูลข่าวสารที่มีอย่างมหาศาล ต้องสามารถวิจยารณ สังเคราะห์ และตัดสินใจ นำข้อมูลที่มีอยู่มานำใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาวัตกรรม หากเมื่อไรก็ตามการสอนที่เน้นความรู้อย่างเดียว ความรู้ก็จะล้าสมัยอย่างรวดเร็ว ความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นสิ่งที่ผู้สอนต้องสอดแทรกและส่งเสริมเข้าไปในกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้รู้จักวิธีการแสวงหาความรู้อุทธยาศาสตร์และนำความรู้อุทธยาศาสตร์ที่ได้ไปปรับประยุกต์สร้างสรรค์ออกมาเป็นนวัตกรรมที่มีมูลค่าความคิดสร้างสรรค์มีขีดหมายคำว่าสร้างขึ้นใหม่หรือพัฒนาสิ่งเดิมให้ดีขึ้นเท่านั้น (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์, 2542) หากแต่ต้องสร้างสรรค์ภายใต้ขอบเขตที่ไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสังคมหรือนำมาต่อการทำลายสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 1 ทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 (Trilling & Fadel, 2009)

2. ทักษะด้านสื่อสารสนเทศและเทคโนโลยี (Information, Media, and Technology Skills) ผู้เรียนควรได้รับการพัฒนาทักษะด้านสารสนเทศเนื่องจากยุคสมัยนี้เกิดภาวะข้อมูลล้น (Overload Information) การรับรู้สารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยี ต้องอาศัยกระบวนการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนได้สัมผัส ค้นคว้าและสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้ การเรียนการสอนจึงต้องปลูกฝังและปมเพาะความคิดเรื่องการคิดวิเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดตัดสินใจ (ชนาธิป พรกุล, 2554) ผู้เรียนสามารถเลือกบริโภคข้อมูลข่าวสารและการใช้ชีวิตได้ว่าสิ่งใดมีคุณค่าแท้ คุณค่าเทียม ไม่ใช่เลือกเสพหรือบริโภคตามคำโฆษณาชวนเชื่อ หรือตามแฟชั่นนิยม

3. ทักษะชีวิตและอาชีพ (Life and Career Skills) การทำความเข้าใจชีวิต การเห็นคุณค่าของชีวิตตนเองและผู้อื่น เป็นเรื่องสำคัญที่จะทำให้ผู้เรียนดำรงชีวิตอยู่ในสังคมร่วมกับผู้อื่นได้อย่างปกติสุข (ระพี สาคริก, 2552) รู้จักที่จะประกอบอาชีพอย่างสร้างสรรค์ รู้จักสร้างเครือข่ายองค์กรทั้งในโลกแห่งความเป็นจริง โลกเสมือนจริงและเรียนรู้สังคมข้ามวัฒนธรรมการประกอบอาชีพต้องยึดมั่นในจรรยาบรรณวิชาชีพเชื่อถือได้ มีความรับผิดชอบ ต่อหน้าที่ตนเองและรู้จักรับผิดชอบต่อสังคม รักโลก รักสิ่งแวดล้อม

การเรียนการสอนที่มุ่งเน้นท่องจำเนื้อหาสาระไม่เหมาะสมกับวิถีการเรียนรู้ของผู้เรียนในศตวรรษนี้ การเรียนวิทยาศาสตร์ต้องรู้สาระวิชาหลักและหัวข้อสำหรับศตวรรษที่ 21 (Core Subjects and 21st Century Themes) ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต ซึ่งสาระวิชาหลักสำหรับศตวรรษที่ 21 ได้แก่ ภาษาแม่และภาษาโลก ศิลปะ คณิตศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภูมิศาสตร์ ประวัติศาสตร์รัฐ และความเป็นพลเมืองดี หัวข้อสำหรับศตวรรษที่ 21 ได้แก่

ความรู้เกี่ยวกับโลก ความรู้ด้านการเงิน เศรษฐศาสตร์ ธุรกิจและการเป็นผู้ประกอบการ ความรู้ด้านการเป็นพลเมืองดี ความรู้ด้านสุขภาพ และความรู้ด้านสิ่งแวดล้อม

การเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลง (Transformative Learning) จึงเป็นการเรียนรู้ที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจและอยู่ร่วมกับสังคมอย่างปกติสุขได้ เป็นการเรียนรู้ที่เท่าทันยุคเปลี่ยนผ่านทางการศึกษา ซึ่งการเรียนวิทยาศาสตร์ไม่ได้หยุดอยู่แค่กิจกรรมในห้องเรียนหรือการเรียนในระบบ หากแต่ต้องเรียนรู้ตลอดชีวิต รับรู้ข้อมูลข่าวสาร คิดไตร่ตรอง ตัดสินใจอย่างใคร่ครวญ (Nuangchalem and Prachagool, 2010) และเมื่อต้องทำกิจกรรมได้ที่กระทบต่อสังคมย่อมต้องอาศัยการมีส่วนร่วมและความเป็นพลเมืองดี (Citizenship) ผ่านการเรียนการสอนพลเมืองศึกษาที่สอดแทรกเข้าสู่กิจกรรมการเรียนการสอน สร้างเสริมความตระหนักและจิตสำนึกความเป็นพลเมืองดีในวิถีประชาธิปไตย (ไพฑูริย์ สีนลาร์ตัน และคณะ, 2550)

แนวทางการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษนี้จึงต้องมีระบบสนับสนุน (Support System) ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งจะช่วยให้ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในปรัชญาการศึกษา การเรียนรู้ตลอดชีวิตและพึงเป็นอยู่เพื่อมหาชน

1. มาตรฐานและการประเมิน (Standards and Assessments)

มาตรฐานการเรียนรู้เป็นสิ่งที่กำหนดไว้ว่าผู้เรียนควรรู้ เข้าใจ เนื้อหาสาระ ทักษะและกระบวนการที่จำเป็น ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนบรรลุมาตรฐานตามที่ตั้งไว้ อยู่ที่กระบวนการจัดการกิจกรรมการเรียนการสอน การออกแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับศตวรรษนี้ต้องเข้าใจว่าเนื้อหาสาระอะไรบ้างที่ผู้เรียนต้องรู้ ผู้เรียนควรรู้ เพื่อนำไปสู่การจัดสรรเนื้อหาและเวลาในหลักสูตร มาตรฐานการเรียนรู้ได้กำหนดกรอบเนื้อหาและทักษะที่จำเป็น การแปลงมาตรฐานการเรียนรู้สู่การเรียนการสอนนั้น ผู้สอนต้องเข้าใจเรื่องการออกแบบและการประเมินการเรียนรู้ (ไตรรงค์ เจนการ, 2550) จึงจะทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่คงทนตามมาตรฐานการเรียนรู้

เมื่อมาตรฐานการเรียนรู้ได้กำหนดกรอบเนื้อหาสาระและทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ สิ่งที่จะต้องบ่งบอกว่าผู้เรียนบรรลุมาตรฐานมากน้อยเพียงไร นักการศึกษาต้องใช้การประเมินที่สอดคล้องกับสภาพจริง เน้นการประเมินกระบวนการในสิ่งที่ผู้เรียนเข้าใจและทำได้ ซึ่งกระบวนการประเมินนั้นต้องมีเครื่องมือและวิธีการที่หลากหลาย ผู้สอนต้องเน้นการประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน ประเมินผู้เรียนตามสภาพจริงขณะเรียนไม่ควรเน้นที่การประเมินผลสัมฤทธิ์มากเกินไป เมื่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ดีย่อมนำไปสู่ผลลัพธ์ทางการเรียนที่ดีด้วยเช่นกัน และท้ายที่สุดก็จะเป็นการประกันคุณภาพการศึกษาที่ตอบสนองได้ว่าจัดการเรียนรู้แก่ผู้เรียนเป็นไปตามที่คาดหวังมากน้อยเพียงไร (ประสาธน์ เนื่องเฉลิม, 2554)

2. หลักสูตรและการเรียนการสอน (Curriculum and Instruction)

หลักสูตรเป็นมรดกประสพการณ์ที่ได้รับการคัดสรรเนื้อหาและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ไว้สำหรับผู้เรียนอย่างเป็นระบบ (วิชัย วงษ์ใหญ่, 2537) เน้นกระบวนการคิด การลงมือทำ และการเข้าไปมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน เรียนรู้ที่จะปรับตัวให้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของกระแสโลก ความรู้วิทยาศาสตร์เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและมหาศาล การพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์เพื่อให้เหมาะกับคนในยุคนี้ต้องเข้าใจธรรมชาติ

การเรียนรู้ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มองการเรียนรู้เป็นองค์รวม ไม่คิดแยกส่วนความรู้ให้แปลกแยกจากชีวิตจริง โดยหลักสูตรต้องมุ่งเน้นกระบวนการมากกว่าผลลัพธ์ (Donnelly and Jenkins, 2001; Al-girl et.al., 2002)

หลักสูตรวิทยาศาสตร์จะต้องได้รับการเอื้ออำนวยด้วยปัจจัยหลายประการ และสิ่งสำคัญที่สะท้อนว่าหลักสูตรมีคุณภาพหรือไม่ สามารถตอบสนองเป้าหมายทางการศึกษาและเป้าประสงค์ทางสังคมได้มากน้อยเพียงไรนั้น ต้องได้รับการสนับสนุนตั้งแต่ระดับนโยบายไปจนถึงระดับปฏิบัติการในเรื่องของสื่อ อุปกรณ์ แหล่งเรียนรู้ สื่อสารสนเทศ และการเข้าถึงเทคโนโลยี การเตรียมความพร้อมของครูก่อนประจำการและครูประจำการในเรื่องของหลักสูตรอิงมาตรฐาน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การพัฒนานวัตกรรมการเรียนการสอน และการประเมินผู้เรียนตามสภาพจริง มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เข้าใจในเนื้อหาสาระ และนำความรู้ที่ได้ไปปรับใช้ได้ อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพชีวิตจริง

การเรียนการสอนเป็นการแปลงหลักสูตรสู่ความเป็นรูปธรรมโดยผ่านกิจกรรมในชั้นเรียน ทั้งหลักสูตรและการเรียนการสอนจะเป็นไปด้วยดีหรือมีประเด็นที่นำไปสู่การยกระดับคุณภาพทางการศึกษาหรือไม่ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในยุคนี้ต้องเข้าใจว่าผู้เรียนเรียนรู้อย่างไร เนื้อหาสาระอะไรที่จำเป็น มีคุณค่าและความหมายต่อการดำรงชีวิต ทักษะที่จำเป็นหรือเครื่องมือการเรียนรู้ที่ควรเติมเต็มให้แก่ผู้เรียนตามสภาพความเป็นจริง เน้นให้ผู้เรียนได้คิดและลงมือทำด้วยตนเอง โดยผู้สอนใช้เทคนิคและวิธีการที่หลากหลายตามแบบฉบับของครูวิทยาศาสตร์มืออาชีพ เพราะครูคือหนังสือเล่มใหญ่ที่ได้รวบรวมทฤษฎีต่างๆไว้ และสามารถนำทฤษฎีการเรียนการสอนมาปรับประยุกต์ใช้ได้เหมาะสมและลงตัว ภายใต้ความเชื่อ แนวคิด และวิถีปฏิบัติของผู้สอน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า หลักสูตรและการเรียนการสอนจะดีหรือไม่ขึ้นกับความเข้าใจในธรรมชาติการเรียนการสอน (วิไลมา ประชากุล และประสาธ นื่องเฉลิม, 2554)

3. การพัฒนาวิชาชีพครู (Profession Development)

การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญจะบรรลุหรือไม่ก็อยู่ที่การเรียนการสอนที่คุณภาพผู้สอนเป็นสำคัญยิ่งกว่า เพราะถ้าหากผู้สอนเกิดความคลาดเคลื่อนทางมโนทัศน์ขาดความเข้าใจในธรรมชาติการเรียนรู้ ไม่สามารถวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ออกแบบและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ตามที่ควรจะเป็น จะนำไปสู่ความล้มเหลวของการเรียนการสอน ผู้สอนต้องตระหนักว่าการเรียนการสอนควรเปลี่ยนแปลงให้เท่าทันกับธรรมชาติของผู้เรียน ธรรมชาติของสื่อการเรียนรู้ที่ช่วยตอบสนองสไตล์การเรียนรู้ และที่สำคัญคือการยึดมั่นในจรรยาบรรณวิชาชีพ การเป็นต้นแบบที่ดีแก่ผู้เรียนทั้งในด้านความรู้ คุณธรรม และจริยธรรม น้อมนำหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาปรับใช้ให้เหมาะสม สะท้อนคุณลักษณะที่พึงประสงค์ผ่านกระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และบ่มเพาะความเป็นพลเมืองดีในวิถีประชาธิปไตย

4. สภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้ (Learning Environment)

ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist Theory) ได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่เกิดจากปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกของผู้เรียน (Prawat and Floden, 1994) การเรียนรู้ที่เกิดจากภายในนั้นเป็นผลมาจากพันธุกรรม ความคิด ความรู้สึก ซึ่งมีปฏิสัมพันธ์กับปัจจัยภายนอก ซึ่งเป็นปัจจัยทั้งทางกายภาพ

ชีวิตภาพ และสังคม เมื่อผู้เรียนรับรู้จากประสบการณ์ใหม่ก็จะนำไปสู่การปรับขยายโครงสร้างทางปัญญา ทำให้เข้าสู่สภาวะที่สมดุล (Schulte, 1996)

ผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 จึงต้องมีทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต ซึ่งในสภาวะของความซับซ้อนทางสังคมในโลกอนาคตยิ่งมากขึ้นเรื่อยๆ ผู้เรียนยังต้องพัฒนาทักษะต่างๆ ให้มากขึ้นตามไปด้วย ไม่ว่าจะเป็นทักษะทางภาษา ทักษะคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดขั้นสูง อย่างไรก็ตามหากผู้เรียนเข้าใจในธรรมชาติการเรียนรู้และเข้าใจวิทยาศาสตร์ อนาคตก็จะยิ่งทวีความสำคัญในฐานะที่เป็นทั้งความรู้ กระบวนการ และวัฒนธรรมที่ร่วมสมัย ผู้เรียนยังต้องตระหนักถึงความสำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเข้าใจว่าศาสตร์ต่างๆ ก็ยังคงนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เป็นเครื่องมือค้นหาและนำพามนุษยชาติเข้าสู่ความรู้ ความจริง เนื่องด้วยการเรียนรู้แห่งศตวรรษนี้เป็นโลกไร้พรมแดน ผู้จะดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างปกติสุขต้องมีทักษะที่จำเป็น อาทิ การรู้เทคโนโลยีสารสนเทศ การคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ การสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การผลิตความรู้และนวัตกรรม (Turiman, et.al., 2012)

แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21

การเรียนรู้ที่มีพลังต้องเกิดจากแรงบันดาลใจของผู้เรียน เมื่อได้เห็น สัมผัส เข้าใจ และสนุกกับกิจกรรมตามที่คุณสอนได้ออกแบบการเรียนรู้ และผู้สอนก็คือแรงบันดาลใจหนึ่งของผู้เรียน เพื่อที่จะเป็นหรืออยากจะเป็นบุคคลที่มีความใฝ่รู้ใฝ่เรียน ถึงแม้ว่าความรู้ทั้งหลายได้แพร่กระจายในโลกอินเทอร์เน็ต ผู้เรียนสามารถเข้าถึงความรู้ได้ทุกที่ ทุกเวลา เรียนรู้ที่จะเสาะข้อมูลอันเป็นประโยชน์ ประกอบกับมีทักษะการคิดขั้นสูง รู้จักวิเคราะห์วิจารณ์ข้อมูลข่าวสารและนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ แต่อย่างไรก็ดี คอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ตไม่สามารถสอนความเป็นมนุษย์ได้ เป็นเพียงแค่สื่อและเครื่องมือที่นำพาผู้เรียนเข้าถึงแหล่งความรู้ ผู้สอนจึงยังมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความสุขและสร้างสรรค์

การออกแบบการเรียนรู้ควรเกิดจากการสื่อสารทั้งสองทางคือผู้เรียนและผู้สอน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมกับการออกแบบและประเมินการเรียนรู้ตามความต้องการที่เหมาะสม (ไตรรงค์ เจนการ, 2550; ประสาทเนืองเฉลิม, 2550) เมื่อการมีส่วนร่วมเกิดขึ้นก็จะเกิดความรับผิดชอบร่วมกันในกระบวนการเรียนการสอน ผู้เรียนจะรู้สึกเป็นเจ้าของกระบวนการเรียนการสอนด้วย เรียนรู้ที่จะปรับความคิด ปรับตัวให้กลมกลืนกับสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ การมอบหมายงาน บทบาทหน้าที่ ความรับผิดชอบ จึงถือเป็นการฝึกภาวะผู้นำและผู้ตาม และการดำเนินชีวิตแบบประชาธิปไตยในวิถีทางที่ควรจะเป็น ซึ่งการออกแบบการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 (Trilling and Fadel, 2009) ควรมีลักษณะดังนี้

1. การเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic Learning) ผู้เรียนคือผู้สร้างความรู้ การเรียนรู้ก็ควรจะมีคุณค่าและความหมายที่แท้จริงต่อชีวิต การเรียนการสอนควรสะท้อนความเป็นจริงของชีวิต โดยที่ผู้สอนจัดสถานการณ์ให้มีความน่าสนใจและให้ความรู้ที่สามารถนำไปปรับใช้ได้ สถานการณ์ประจำวัน เนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์จึงไม่ควรห่างไกลจากความเป็นจริงของชีวิต บางครั้งการเรียนรู้ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ยากไป

จับต้องไม่ได้ ผู้เรียนไม่ได้เห็นความรู้ที่แท้จริงก็จะเกิดความเบื่อหน่ายและพัฒนาไปเป็นเจตคติที่ไม่ดีต่อวิทยาศาสตร์ (ภาพ เลขาห์ไฟบูลย์, 2542)

การเรียนเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนยังไม่ใช้การเรียนรู้ที่แท้จริงทั้งหมด เป็นเพียงกรณีศึกษาหรือการสมมติสถานการณ์ ผู้สอนต้องออกแบบการเรียนรู้ที่ใกล้เคียงชีวิตจริงที่สุด การเรียนรู้จึงขึ้นอยู่กับบริบทหรือสภาพแวดล้อมในขณะที่เรียนรู้ (ประสาธ อิศรปริดา, 2549) การสมมติที่คล้ายจะเกิดในชีวิตจริงก็เปรียบได้กับความสมจริงเพียงบางส่วนแต่การเรียนวิทยาศาสตร์ที่เน้นเชิงประสบการณ์ (Experiential Learning) จะต้องพาผู้เรียนออกจากกรอบทฤษฎีที่ไม่เกิดประโยชน์ต่อการนำไปใช้จริง การเรียนรู้ที่แท้จริงต้องนำพาผู้เรียนสู่ความคิดให้กว้างไกลและลงมือทำโดยใช้ทักษะที่จำเป็นได้อย่างลึกซึ้ง ปฏิบัติด้วยความเข้าใจและนำไปปรับใช้ได้ สถานการณ์จริง (Meyers & Jones, 1993)

2. การสร้างมโนธรรมสำนึก (Mental Model Building) การเรียนรู้ในเนื้อหาสาระวิชาเพื่อสร้างความรู้หรือต่อยอดเป็นภูมิปัญญา ก็อาศัยการเรียนการสอนเป็นเครื่องมือในการพัฒนาด้านพุทธิปัญญาแก่ผู้เรียน พัฒนาให้เป็นคนเก่ง มีความรู้ ความสามารถ แต่การจะเติมความเป็นมนุษย์ให้สมบูรณ์ก็คือการอบรม บ่มนิสัย การปลูกฝังความเชื่อหรือค่านิยมในคุณงามความดี การเรียนการสอนจึงต้องบูรณาการมโนธรรมสำนึกเข้าไปด้วย เรียนรู้ตนเอง เข้าใจตนเอง เรียนรู้คนอื่น เข้าใจคนอื่น ก็จะทำให้เกิดการสร้างโลกทัศน์ทั้งแนวกว้างและแนวลึก ไม่ตั้งแต่มองเอาความเก่งเป็นตัวตั้ง เรียนรู้ในสิ่งที่รู้และไม่รู้ไปพร้อมๆ กัน ให้เกียรติและเคารพในความไม่รู้ เปิดใจให้กว้างยอมรับข้อมูลหลักฐานใหม่ๆ และให้เกียรติแก่บุคคลรอบข้าง

3. แรงจูงใจภายใน (Internal Motivation) การเรียนรู้ที่แท้จริงต้องเกิดจากฉันทะซึ่งเป็นปัจจัยภายใน (Intrinsic Factor) เป็นกลไกสำคัญในการผลักดันให้เกิดความกระหายใคร่รู้ อยากเรียนรู้โดยรอบตัวอย่างต่อเนื่อง ซึ่งแรงจูงใจภายในควรได้รับการบ่มเพาะตั้งแต่วัยเด็ก (Weiten, 2007) ผู้เรียนจะเกิดแรงขับภายใน และวางเป้าหมาย ลงมือกระทำอย่างมุ่งมั่น เพื่อให้สำเร็จตามสิ่งที่คาดหวัง เช่น เด็กบางคนอยากเป็นครู เพราะเห็นตัวอย่างต้นแบบที่ดี เห็นครูเก่ง น่ารัก พุดจาไพเราะ และเป็นบุคคลที่น่าเคารพนับถือ เมื่อเด็กเห็นอย่างไรก็จะสั่งสมความรู้สึกนั้นมากขึ้นจนกลายเป็นเจตคติที่ดีต่อครู ก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียน และนำไปสู่การสร้างแรงบันดาลใจที่จะเรียนรู้

4. พหุปัญญา (Multiple Intelligences) แนวคิดเรื่องความสามารถหรือเก่งที่ไม่ได้จำกัดแค่สมองซีกซ้ายอย่างเดียวหรือเรียนเก่งในเนื้อหาสาระที่กำหนดไว้ในหลักสูตรเท่านั้น ซึ่งประเด็นนี้ได้รับการอภิปรายอย่างกว้างขวาง นักการศึกษาได้นำมาใช้ในการออกแบบการเรียนรู้ที่ตอบสนองของความแตกต่างระหว่างบุคคล นักการศึกษายุคใหม่เชื่อว่าแต่ละคนมีความถนัดหรือปัญญาที่ติดตัวมาแต่กำเนิดแตกต่างกัน สไตล์การเรียนรู้ก็แตกต่างกัน ดังนั้นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีเพียงแค่แนวทางเดียวก็ไม่สามารถตอบสนองความแตกต่างของผู้เรียนได้ทั้งชั้นเรียน

5. การเรียนรู้ทางสังคม (Social Learning) การเรียนรู้เป็นกิจกรรมทางสังคม ทุกคนมีบทบาทหน้าที่และมีปฏิสัมพันธ์การเรียนรู้ร่วมกัน (Engestrom, 1999) การทำความเข้าใจนิสัยใจคอผู้อื่นจะช่วยให้รู้เขา

รู้เรา เข้าใจปรับตัวให้อยู่ร่วมกับคนอื่นได้ การสร้างสังคมทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ควรให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ข้อมูลร่วมกัน เรียนรู้ความเป็นมนุษย์ รู้จักรัก เกลียด แพ้ ชนะ ให้อภัย และเข้าใจความเป็นไปของชีวิตมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงควรเป็นไปเพื่อตอบสนองคุณค่าและความหมายที่แท้จริงของชีวิต ผู้เรียนได้คิด จินตนาการ ลงมือทำ และประสบพบเจอด้วยตนเอง สร้างความตระหนักต่อตนเองการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ (Experiential Learning) ซึ่งนับว่ามีความสำคัญและใกล้เคียงกับสภาพการเรียนรู้ของคนในยุคปัจจุบัน การสัมผัส เห็นของจริง ลงมือทำ และวิจารณ์ผล จัดว่าเป็นสภาพการเรียนรู้ที่สมเหตุสมผล ผู้สอนคือสิ่งเร้าของการเรียน การสอนที่เน้นประสบการณ์ และคุณภาพของสิ่งเร้า (Quality of Stimuli) นั่นเองที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อการจัดการเรียนการสอน การเรียนการสอนที่สะท้อนคิดบนพื้นฐานของการมีส่วนร่วมทางประสบการณ์การเรียนรู้ภายใต้บริบทที่แตกต่างกัน โดยที่ผู้เรียนสร้างความรู้จากสิ่งที่สัมผัสและสื่อสารออกมาเป็นความรู้สึกนึกคิดของตนเอง และสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้แบ่งปันสู่เพื่อนในชั้นเรียน (Schon, 1983; Kolb, 1984) สิ่งเหล่านี้จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ร่วมกัน ส่งเสริมการศึกษาประชาธิปไตยแบบสร้างสรรค์ ความรู้ที่ได้จะเกิดเป็นความเข้าใจที่คงทน ซึ่งการที่จะนำพาผู้เรียนไปสู่เป้าหมายนั้นได้จำเป็นจะต้องมีเครื่องมือและวิธีการที่เหมาะสม

การเรียนรู้เชิงประสบการณ์ เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่กำลังได้รับความนิยมว่าสอดคล้องกับการเรียนรู้ของคนในศตวรรษที่ 21 เนื่องด้วยสภาพการเรียนรู้ของคนในยุคนี้เปลี่ยนแปลง ต้องมีปฏิสัมพันธ์กับครอบครัว ชุมชน ทั้งในแบบที่เป็นทางการและแบบที่ไม่เป็นทางการ การจัดการเรียนรู้ก็ต้องคล้อยตามสภาพบริบทชุมชนที่เปลี่ยนแปลง กิจกรรมต้องผ่านการปฏิบัติทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน ผ่านการทำโครงการ (Newell, 2003; Grant and Branch, 2005; Gultekin, 2005) ผู้เรียนได้วิเคราะห์วิจารณ์ และวิพากษ์ โดยกระบวนการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ต้องให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการขับเคลื่อนการศึกษา (Kaye, 2004) เรียนรู้ในระบบเครือข่าย เรียนรู้จากการส่งผ่านความรู้ด้วยการจัดการความรู้ การอภิปราย การอ่าน การวิเคราะห์ และการสะท้อนคิด (Alheit, 1999; Fenwick, 2000) ทำให้ผู้เรียนและผู้สอนเกิดการเรียนรู้ไปพร้อมๆกัน

การเรียนรู้เชิงประสบการณ์เป็นการเรียนการสอนที่ต้องทำความเข้าใจปรัชญาและวิธีการปฏิบัติอย่างถ่องแท้ ประกอบด้วย 4 ประการ คือ การให้การศึกษาคือความสัมพันธ์ (Educating is a Relationship) การให้การศึกษาคือองค์รวม (Educating is Holistic) การให้การศึกษาคือการแนะนำการเรียนรู้ (Educating is learning-oriented) และการให้การศึกษานำผู้เรียนเป็นสำคัญ (Educating is Learner Centered) ซึ่ง Kolb (1984) ได้สรุปลักษณะที่สำคัญของการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ไว้ 6 ประการ ดังนี้

1. การเรียนรู้ที่ดีที่สุดคือการทำให้ผู้เรียนเกิดมโนทัศน์จากกระบวนการไม่ใช่ผลลัพธ์ (Learning is best conceived as a process, not in terms of outcomes) การเรียนเนื้อหาสาระต่างๆ ความรู้เป็นชุดของข้อมูลและประสบการณ์ที่ได้รับ การเรียนรู้จึงควรให้ผู้เรียนได้สัมผัสกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ ผู้เรียนเรียนรู้อะไรและเรียนรู้อย่างไร น่าจะเป็นคำตอบที่ดีกว่าแค่ทราบจากผลลัพธ์ทางการเรียนด้วยคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แต่ควรประเมินจากกระบวนการหรือการปฏิบัติของผู้เรียน เพราะการเรียนรู้เกิดขึ้นทุกขณะในกระบวนการเรียน

การสอนและเชื่อมโยงกับประสบการณ์ที่หลากหลาย

2. การเรียนรู้คือการเรียนรู้ซ้ำ (All Learning is Re-Learning) การเรียนรู้ที่ดีต้องเอื้ออำนวยให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดและการลงมือปฏิบัติ การคิดและทำซ้ำๆ บ่อยๆ เป็นการสร้างความชำนาญ สอดคล้องกับหลักการว่าด้วยสมองกับการเรียนรู้ เมื่อมีการทวนเนื้อหาซ้ำๆ ย้ำกระบวนการ ผู้เรียนก็เกิดทักษะและความชำนาญในการแก้ปัญหาและเรียนรู้ที่จะค้นคว้าหาคำตอบด้วยวิธีการที่หลากหลาย สามารถเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมและประสบการณ์ใหม่เข้าด้วยกัน จนเกิดการปรับโครงสร้างทางปัญญาให้เข้าสู่ภาวะสมดุล

3. การเรียนรู้ต้องการการปรับความขัดแย้งทางปัญญาเพื่อเข้าสู่ภาวะสมดุล (Learning requires the resolution of conflicts between dialectically opposed modes of adaptation to the world) ความขัดแย้ง ความแตกต่าง ระหว่างประสบการณ์เดิมและประสบการณ์ใหม่เป็นแรงขับที่สำคัญที่ทำให้ผู้เรียนต้องการค้นคว้าหาคำตอบ และแสวงหาวิธีการเพื่อนำตนเองไปสู่การเรียนรู้ สิ่งเหล่านี้จะเกิดขึ้นได้ดีหากมีการสะท้อนคิด การลงมือทำ การเข้าไปสัมผัส การเข้าไปมีประสบการณ์ และการคิดไตร่ตรอง

4. การเรียนรู้เป็นกระบวนการแบบองค์รวมของการปรับเข้าสู่ภาวะสมดุล (Learning is a holistic process of adaptation) การเรียนรู้ไม่ใช่เพียงแค่ผลลัพธ์ทางสติปัญญา แต่เกี่ยวข้องกับสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในตัวบุคคล ไม่ว่าจะเป็นการคิด การรับรู้ ความรู้สึก และพฤติกรรม

5. การเรียนรู้ เป็นผลมาจากการเสริมสร้างระหว่างบุคคลและสิ่งแวดล้อม (Learning results from synergetic transactions between the person and the environment) การเรียนรู้ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยภายใน ได้แก่ พันธุกรรมและพัฒนาการตามวัย และปัจจัยภายนอกที่เอื้อต่อการเรียนรู้ ได้แก่ การจัดสภาพแวดล้อม การจัดบรรยากาศการเรียนรู้ ลักษณะทางกายภาพของห้องเรียน การจัดสื่อและแหล่งเรียนรู้

6. การเรียนรู้เป็นกระบวนการสร้างสรรพความรู้ (Learning is the process of creating knowledge) ความรู้มีสองแบบ คือ ความรู้ทางสังคมที่เกิดจากบริบทสภาพทางสังคม สิ่งแวดล้อมและภูมิหลังของผู้เรียน และความรู้ที่มาจากตัวบุคคลเกิดจากความคิด ความเชื่อส่วนบุคคลที่มีต่อประสบการณ์ต่างๆ การส่งถ่ายความรู้จึงเกิดขึ้นด้วยกระบวนการที่เหมาะสมระหว่างบุคคลรอบข้างและสภาพแวดล้อมส่วนตัวผู้เรียน

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จะมีคุณค่าและความหมายที่แท้จริงเมื่อเข้าไปมีประสบการณ์ตรง นำไปสู่การคิด การเข้าใจ การตัดสินใจ การลงมือทำ และการเข้าไปมีความรู้สึกกับสิ่งที่กระทำ (Carin and Bass, 1997; Eyer and Giles, 1999) แต่ความยุ่งยากในทางการศึกษาคือจะทำอย่างไรให้ผู้เรียนมีประสบการณ์มากกว่าแค่ความคิดเห็นต่อสิ่งที่เรียน บ่อยครั้งการเรียนบนกระดาษและในความคิดอาจไม่ได้ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่คงทน และรู้สึกถึงความจริง ความดี ความงามของธรรมชาติ โดยนัยของธรรมชาติการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงต้องเข้าไปมีประสบการณ์ที่พิสูจน์ ทดลอง อธิบาย และขยายความด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์ การเรียนรู้เชิงประสบการณ์จึงเป็นแนวทางที่จะพัฒนาผู้เรียนเข้าใจและซึมซับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

บทบาทการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

บทบาทและหน้าที่ในกระบวนการจัดการเรียนการสอนย่อมเป็นสิ่งคู่กัน ผู้สอนมีหน้าที่ในการถ่ายทอดความรู้ ผู้เรียนมีหน้าที่ในการพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง แต่สิ่งที่สำคัญคือบทบาทที่เป็นปัจจัยชี้ขาดความสำเร็จของการจัดการเรียนการสอนที่จะกระตุ้นให้ถึงระดับของการเรียนรู้ (Threshold of Learning) ผู้สอนต้องปรับการสอนให้ตนเองเป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนได้ออกแบบประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีคุณค่า (Chalkley and Harwood, 1998) จัดบรรยากาศให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันกับผู้อื่น (Haigh and Kilmartin, 1999) ซึ่งโดยลำพังผู้เรียนกับผู้สอนก็ไม่สามารถทำให้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สำเร็จได้ ทั้งนี้ต้องอาศัยความร่วมมือจากหลายภาคส่วนในการผลักดันและขับเคลื่อนให้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ดีขึ้น

บทบาทผู้เรียน

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ต้องเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เพราะความรู้เกิดได้จากกระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมไม่จำเป็นกระบวนการทางการศึกษา การมีส่วนร่วมทางการเรียนรู้ การจัดประสบการณ์ที่หลากหลาย แต่ที่สำคัญก็คือการเรียนเป็นมิติที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน โดยสามารถสรุปบทบาทผู้เรียนวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ได้ดังนี้

- ผู้เรียนคือผู้ที่ตั้งคำถามเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาที่ได้รับการกระตุ้นจากบทเรียนหรือสภาพแวดล้อมทางสังคมและสิ่งแวดล้อม
- ผู้เรียนคือผู้ที่วางแผนการเรียนรู้ ซึ่งอาจเป็นทั้งการวางแผนร่วมกับผู้สอนหรือกลุ่มผู้เรียนด้วยกัน การวางแผนจะช่วยกระตุ้นกระบวนการคิดและการทำงานกลุ่ม การเรียนรู้และทำความเข้าใจผู้อื่น
- ผู้เรียนคือผู้ที่ร่วมกันเรียนรู้ผ่านการสืบเสาะหาความรู้ การลงมือกระทำ และการแก้ปัญหา ร่วมกัน
- ผู้เรียนคือผู้สรุปความรู้และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในสิ่งที่ได้คิด และลงมือกระทำ
- ผู้เรียนคือผู้ที่สะท้อนคิดที่มีต่อบทเรียนและที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
- ผู้เรียนคือผู้ที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างการศึกษา กับชุมชน ก่อให้เกิดกระบวนการมีส่วนร่วมทางการศึกษาผ่านผู้ปกครอง ชุมชน และสถาบันการศึกษา
- ผู้เรียนคือผู้ที่มีส่วนร่วมในการกำหนดทิศทางการเรียนรู้และพัฒนาสังคม โดยอาศัยการศึกษาแบบประชาธิปไตย

เมื่อผู้เรียนเข้าใจบทบาทตนเองตามวิถีทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ก็จะเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ทำให้บรรลุเป้าหมายและปรัชญาของวิทยาศาสตร์ศึกษา ผู้เรียนคือผู้คิด ตั้งคำถาม วางแผน ลงมือกระทำ สรุปและสะท้อนผลการเรียนรู้

บทบาทผู้สอน

มิติของผู้สอนที่ต้องปรับความคิด เปลี่ยนความเชื่อต่อการออกแบบและจัดกิจกรรมการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 โดยตระหนักว่าการเรียนการสอนย่อมต้องเปลี่ยนแปลงตามกระแสของโลกาภิวัตน์ การทำความเข้าใจธรรมชาติการเรียนรู้ การปฏิวัติทางเทคโนโลยีสารสนเทศ การปรับเปลี่ยนกระบวนการทัศน์ต่อทักษะที่จำเป็นของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ดังนั้น การเอาเนื้อหาวิชาเป็นตัวตั้งและการประเมินผลการเรียน เพื่อตัดสินจึงอาจไม่เหมาะสมในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สำหรับยุคนี้ ซึ่งสามารถสรุปบทบาทของผู้สอนได้ดังนี้

- ผู้สอนคือผู้ที่ออกแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสม เพราะผู้สอนคือหนังสือเรียนเล่มใหญ่ที่ได้บรรจุความรู้และทักษะต่างๆ ไว้อย่างมหาศาล
- ผู้สอนคือผู้ตั้งคำถามและสร้างความสนใจในการเรียน
- ผู้สอนคือผู้สร้างแรงบันดาลใจทางการเรียนรู้ เป็นตัวแบบ (Role Model) ที่ผู้เรียนสามารถยึดเป็นแบบอย่างในการดำรงชีวิตและอยู่ร่วมกับสังคมได้อย่างปกติสุข
- ผู้สอนคือผู้ที่ชี้แนะกระบวนการเรียนรู้ แหล่งเรียนรู้ และวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสม
- ผู้สอนคือผู้ที่อำนวยความสะดวกในการเรียน ผู้สอนต้องทำหน้าที่ในการให้เครื่องมือเพื่อสร้างความรู้สำหรับผู้เรียน
- ผู้สอนคือผู้ที่จัดสถานการณ์การเรียนรู้ที่สอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21
- ผู้สอนคือผู้ผลิต จัดหา คัดสรร สื่อและแหล่งการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้เกิดการปรับและขยายโครงสร้างทางปัญญา
- ผู้สอนคือผู้ที่ประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยสร้างเครื่องมือประเมินการเรียนรู้และสะท้อนผล เพื่อการพัฒนามากกว่าการตัดสิน

ผู้สอนนอกจากจะต้องออกแบบการเรียนการสอน จัดกิจกรรมการเรียนการสอน และประเมินการเรียนรู้ ยังต้องทำความเข้าใจเรื่องหลักสูตรและมาตรฐานการเรียนรู้ ซึ่งถือว่าเป็นเรื่องสำคัญในศตวรรษนี้ เนื่องจากความรู้ได้รับการผลิตอย่างมากมายและรวดเร็ว แต่จำนวนระยะเวลาที่กำหนดในหลักสูตรนั้นมีจำกัด การวิเคราะห์หลักสูตรและมาตรฐานการเรียนรู้จึงเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้สอนไม่น้อยกว่าที่ผู้เรียนต้องเรียนผ่านกิจกรรมห้องเรียนวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ รู้จักพัฒนาวัตรกรรมทางการเรียนการสอน และจัดสภาพแวดล้อมที่สร้างแรงบันดาลใจให้ผู้เรียนเรียนรู้ตลอดชีวิต และประการสำคัญก็คือผู้สอนต้องมีความเข้าใจในวิชาชีพครูและปฏิบัติตนตามที่จรรยาบรรณวิชาชีพกำหนด

บทบาทผู้ปกครอง

การจัดการศึกษาที่ผ่านมา ผู้ปกครองก็เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ แต่เนื่องด้วยความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเหมือนกับประหนึ่งว่าเป็นเพียงผู้ที่นำผู้เรียนมาฝากไว้กับสถานศึกษา

ส่วนผู้ปกครองก็ประกอบสัมมาอาชีพและอุดหนุนสถาบันการศึกษาในลักษณะค่าบำรุงการศึกษา ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว วิธีชีวิตส่วนใหญ่ของผู้เรียนได้รับอิทธิพลมาจากพื้นฐานทางครอบครัว และแต่ละวันก็อยู่กับครอบครัว และสิ่งแวดล้อมทางชุมชนมากกว่าในสถานศึกษา ดังนั้น การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ในศตวรรษนี้ ผู้ปกครองควรเข้ามามีบทบาทในการพัฒนาผู้เรียนในฐานะที่เป็นปัจจัยนำเข้าและปัจจัยส่งออกของกระบวนการทางการศึกษา ซึ่งสามารถสรุปบทบาทของผู้ปกครองได้ดังนี้

- ผู้ปกครองคือผู้ที่บ่มเพาะคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียนร่วมกับสถาบันการศึกษา ทั้งก่อน ระหว่าง และหลังการจัดการศึกษาในระบบ
- ผู้ปกครองคือผู้ที่มีส่วนกำหนดทิศทางและวางแผนการจัดการเรียนรู้ร่วมกับภาคีองค์กรต่างๆ ในการให้การศึกษที่เหมาะสมแก่ผู้เรียน
- ผู้ปกครองคือผู้ที่มีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ของผู้เรียนทั้งที่เป็นแบบทางการและแบบไม่เป็นทางการ
- ผู้ปกครองคือผู้ที่มีความรู้เกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่น สามารถมีส่วนร่วมในกระบวนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่บ้านร่วมกับผู้สอนและสถาบันการศึกษาได้เป็นอย่างดี
- ผู้ปกครองคือผู้ที่ต้องเรียนรู้และพัฒนาตนเองอยู่ตลอดเวลา เพื่อเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนคุณภาพทางการศึกษา
- ผู้ปกครองคือผู้ที่สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้และนำไปสู่กำหนดทิศทางการศึกษาในระดับที่สูงขึ้น
- ผู้ปกครองก็มีส่วนสำคัญในการยกระดับคุณภาพการศึกษา และผลผลิตที่ได้ก็คือบุตรหลานที่จะต้องออกไปรับใช้ภาคสังคมตามที่คาดหวัง สามารถเรียนรู้ ปรับตัว และอยู่ร่วมกับบุคคลอื่นในสังคมได้อย่างดี ซึ่งบทบาทนี้ผู้ปกครองควรที่จะเริ่มหันมาใส่ใจและให้ความสำคัญกับระบบการศึกษามากขึ้น

บทบาทชุมชน

เมื่อสถานศึกษาตั้งอยู่ในชุมชนก็มิอาจปฏิเสธได้ว่ามีความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการจัดการศึกษา ชุมชนได้มีวิวัฒนาการร่วมกับสถานศึกษามาเป็นระยะเวลาอันยาวนานจนเกิดการปรับตัวและทำกิจกรรมร่วมกัน ซึ่งสามารถสรุปบทบาทของชุมชนได้ดังนี้

- ชุมชนคือแหล่งเรียนรู้ที่ใกล้ชิดและสอดคล้องสัมพันธ์กับชีวิตจริงของผู้เรียน ชุมชนจึงควรมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนการสอนตามความเหมาะสม
- ชุมชนคือผู้ที่ต้องวิวัฒนาการร่วมกับสถานศึกษาในการยกระดับคุณภาพชีวิตและคุณภาพการศึกษา
- ชุมชนคือฐานการเรียนรู้ที่สำคัญที่ผู้เรียนผูกพันและสามารถเรียนรู้ได้เกือบตลอดเวลา เพราะมีความคุ้นเคยและใกล้ชิดมากที่สุด

- ชุมชนควรร่วมมือกับสถานศึกษาเมื่อมีการพัฒนานวัตกรรมทางการเรียนการสอน ซึ่งชุมชนคือห้องเรียนและห้องปฏิบัติการสำหรับผู้เรียน
- ชุมชนคือผู้ร่วมกำหนดทิศทาง นโยบาย กิจกรรมการเรียนการสอน และสะท้อนผลการจัดการเรียนการสอนเพื่อนำไปสู่การปรับหลักสูตรที่มีคุณภาพมากขึ้น

ชุมชนเป็นสภาพแวดล้อมที่ผู้เรียนได้ซึมซับความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะต่างๆ โดยผ่านกระบวนการขัดเกลาทางสังคม และชุมชนจึงเป็นห้องเรียนวิทยาศาสตร์ขนาดใหญ่ที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้จากของจริง ทุกที่ทุกเวลา

บทบาทองค์กร/หน่วยงาน

องค์กร/หน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชนเป็นปัจจัยสนับสนุนที่ทำให้เกิดสังคมแห่งการเรียนรู้ โดยลำพังสถานศึกษามีอาจจัดการเรียนรู้ที่ครอบคลุมทั้งหมด การมีส่วนร่วมของภาคีเครือข่ายจะช่วยขับเคลื่อนคุณภาพการศึกษาให้ดีขึ้น องค์กร/หน่วยงานต่างๆ ในปัจจุบันเริ่มหันมาให้ความสนใจในเรื่องการศึกษา คุณภาพคน และ สิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถสรุปบทบาทขององค์กร/หน่วยงานได้ดังนี้

- องค์กร/หน่วยงานควรสนับสนุนกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในวิถีทางที่เหมาะสมและเป็นไปได้
- องค์กร/หน่วยงานอาจมีการกำหนดรางวัล ทูสนับสนุน และแรงจูงใจในการเรียนแก่ผู้เรียนผ่านกิจกรรมและโครงการต่างๆ
- องค์กร/หน่วยงานอาจมีการกำหนดรางวัลและเชิดชูเกียรติแก่ผู้สอนเพื่อเสริมสร้างขวัญกำลังใจในการพัฒนาการเรียนการสอน
- องค์กร/หน่วยงานอาจเข้าร่วมจัดการศึกษา ในลักษณะที่เป็นผู้เชี่ยวชาญ แหล่งเรียนรู้ ศูนย์การเรียนรู้ ผลิตภัณฑ์การเรียนการสอนสนับสนุนสถานศึกษา
- องค์กร/หน่วยงานอาจมีการร่วมลงทุนทางการศึกษาในรูปแบบต่างๆ
- องค์กร/หน่วยงานร่วมผลิตและพัฒนานวัตกรรม สื่อการเรียนการสอน
- องค์กร/หน่วยงานควรมีส่วนร่วมในการออกแบบหลักสูตรและกำหนดคุณลักษณะผู้เรียนที่พึงประสงค์
- องค์กร/หน่วยงานอาจมีการให้ทุนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน
- องค์กร/หน่วยงานอาจเข้ามามีส่วนร่วมในการประเมินคุณภาพการศึกษา

การมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาต้องอาศัยความร่วมมือร่วมใจจากหลายภาคส่วน โดยเฉพาะผู้สอนหรือสถาบันการศึกษาก็มีอาจทำให้ผู้เรียนเข้าใจได้ทุกอย่าง เพราะมีข้อจำกัดในหลายๆ เรื่อง ไม่ว่าจะเป็นเวลา ทรัพยากร ความรู้เฉพาะทาง ฯลฯ ซึ่งการหลอมรวมความร่วมมือจากหลายภาคส่วนก็จะช่วยลดช่องว่างการเรียนรู้อของผู้เรียนให้น้อยลง เกิดการยกระดับคุณภาพของผู้เรียนให้สูงขึ้น ภาคสังคมต้องยอมรับและเล็งเห็น

ความสำคัญของการศึกษาในฐานะที่เป็นเครื่องมือการพัฒนามนุษย์และสังคม

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษนี้จึงไม่ได้จำกัดแค่การเรียนทฤษฎีในห้องเรียน การสาธิตและทดลองในห้องปฏิบัติการเท่านั้น หากแต่ผู้สอนและผู้เรียนต้องพาตนเองออกนอกห้องเรียนไปทำความเข้าใจวิทยาศาสตร์กับสังคม (Billing, 2000; Barak and Dori, 2005) การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ดีจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ โดยต้องตระหนักถึงการเรียนรู้อัตนศึกษาพื้นฐาน เป็นการเรียนรู้เพื่อความเข้าใจ ช่างซึ่งและเห็นความสำคัญของธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ความเข้าใจวิถีชีวิตการอยู่ร่วมกัน การมีความรับผิดชอบต่อสังคมและใส่ใจ ห่วงใยสิ่งแวดล้อม สามารถเชื่อมโยงวิทยาศาสตร์เข้ากับวิชาอื่นๆ และสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง (ประสาทเนืองเฉลิม, 2557ข)

การเรียนรู้จึงต้องผูกโยงเรื่องราวสิ่งๆ ที่เรียนเข้ากับสถานการณ์จริงของชีวิต เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ร่วมกันคิด ร่วมกันแบ่งปัน และร่วมกันสืบเสาะหาความรู้ด้วยการลงมือทำ การเรียนรู้จะมีความหมายมากกว่าแค่การท่องสอบตอบลืมนำไปสู่การตัดสินใจผลการเรียน แต่การเรียนรู้ในศตวรรษนี้คือการสร้างและบ่มเพาะผู้เรียนให้สามารถเรียนรู้อย่างเท่าทันและปรับตัวตามกระแสโลกได้อย่างมีความสุข เรียนรู้เพื่อรู้และนำไปใช้ได้จริง ลงมือทำ คิดแก้ปัญหา พัฒนานวัตกรรม และทำกิจกรรมร่วมกับสังคมโดยมีประชาธิปไตยเป็นหลักสำคัญ

บรรณานุกรม

- จรรยา สุจารีกุล (ผู้แปล). (2550). *Science as Inquiry: วิทยาศาสตร์คือกระบวนการสืบเสาะหาความรู้*. กรุงเทพมหานคร : นานมีบุ๊คส์.
- ชนาธิป พรกุล. (2554). *การสอนกระบวนการคิด: ทฤษฎีและการนำไปใช้*. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณัฐพงษ์ เจริญพิทย. (2542). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: ทัศนะแบบองค์รวม*. กรุงเทพมหานคร : เลิฟแอนด์ลิฟเพรส.
- ไตรรงค์ เจนการ. (2550). *การศึกษามาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด โดยใช้ Backward Design เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนและประเมินผล*. กรุงเทพมหานคร : สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา.
- ประสาธ เนืองเฉลิม. (2545). อินเทอร์เน็ตกับการเรียนรู้แบบก้าวกระโดด. *วารสารศูนย์บริการวิชาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 10, 17-18.
- ประสาธ เนืองเฉลิม. (2550). การออกแบบการเรียนรู้แบบย้อนกลับ (Backward Design). *วารสารมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ฉบับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 26(2), 82-88.
- ประสาธ เนืองเฉลิม. (2554). *หลักสูตรการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 2) . มหาสารคาม : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ประสาธ เนืองเฉลิม. (2557ก). *อินเทอร์เน็ตเพื่อการเรียนรู้*. กรุงเทพมหานคร : โอเดียนสโตร์.
- ประสาธ เนืองเฉลิม. (2557ข). *การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21*. มหาสารคาม: อภิชาติการพิมพ์.
- ประสาธ อิศรปริดา. (2549). *สารัตถะจิตวิทยาการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 6) . มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ไพฑูริย์ สีนลารัตน์, สุวิมล ว่องวานิช, ศิริชัย กาญจนวาสี, ลัดดา ภูเกียรติ, อาชัญญารัตนอุบล, วชิราพร อัจฉริยโกศล และคณะ (2550). *กลยุทธ์การขับเคลื่อนนวัตกรรมการเปลี่ยนผ่านการศึกษา "สัตตศิลา" สู่วิทยาลัย*. กรุงเทพมหานคร : พริกหวาน กราฟฟิค.
- ไพเราะ ทิพย์ทัศน์. (2553). *จิตตปัญญาศึกษาเพื่อการผลิตบัณฑิตที่พึงประสงค์. วารสารศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 3(2), 103-106.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.
- ระพี สาคริก. (2552). *การศึกษากับการจัดการ*. กรุงเทพมหานคร : วศิระ.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). *วิถีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ ๒๑*. กรุงเทพมหานคร : มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. (2537). *กระบวนการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ*. กรุงเทพมหานคร : สุวีริยาสาส์น.

- วีณา ประชากุล, และ ประสาท เนื่องเฉลิม. (2554). *รูปแบบการเรียนการสอน*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- Ai-girl, T., Kamawah, L.L., Ngoh-Khang, G. & Liau-Sai, C. (2002). *New Paradigms for Science Education*. Singapore: Prentice Hall.
- Alheit, P. (1999). On a Contradictory way to the "Learning Society": A Critical Approach. *Studies in the Education of Adults*, 31(1), 66-82.
- Barak, M., & Dori, Y.J. (2005). Enhancing undergraduate students' chemistry understanding through project-based learning in an IT environment. *Science Education*, 89(1), 117-139.
- Billing, S.H. (2000). Research on K-12 School-based Service-learning: The Evidence builds. *PhiDeltaKappan*, 81(9), 658-664.
- Carin, A.A., & Bass, J.E. (1997). *Teaching Science as Inquiry*. (9th ed.). New Jersey: Merrill Prentice Hall.
- Chalkley, B., & Harwood, J. (1998). *Transferable Skills & Work-based Learning in Geography*. Cheltenham: Geography Discipline Network, Cheltenham and Gloucester College of Higher Education.
- Donnelly, J.F., & Jenkins, E.W. (2001). *Science Education: Policy, Professionalism and Change*. London: Sage Publication.
- Engestrom, Y. (1999). Activity Theory & Individual & Social Transformation. In Engestrom, Y., Mietinen, R. & Punamaki, R. (Eds.). *Perspectives on Activity Theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Eyler, J., & Giles, D.E. (1999). *Where's the Learning in Service-learning?*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Fenwick, T.J. (2000). Expanding Conceptions of Experiential Learning: A Review of the Five Contemporary Perspectives on Cognition. *Adult Education Quarterly*, 50, 243.
- Grant, M., & Branch, R. (2005). Project-based Learning in a Middle School: Tracing Abilities through the Artifacts of Learning. *Journal of Research on Technology in Education*, 38(1), 65-98.
- Gultekin, M. (2005). The Effect of Project-based Learning on Learning Outcomes in the 5th Grade Social Studies Course in Primary Education. *EDAM*, 5(2), 519-556.
- Haigh, M., & Kilmartin, M.P. (1999). Student Perceptions of the Development of Personal transferable Skills. *Journal of Geography in Higher Education*, 23(2), 195-206.

- Hensch, S.A. (1999). *Developmental Psychology: Childhood & Adolescence*. (5thed.).California : Brooks/Cole.
- Kail, R.V.,& Cavanaugh, J.C. (2007).*Human Development: A Life Span View*. (4thed.). Canada: Thomson Learning.
- Kaye, C.B. (2004). *The Complete Guide to Service Learning*.Minnesota: Free Spirit.
- Kolb, D.A. (1984). *Experiential Learning: Experience as a Source of Learning and Development*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Marzano, R.J., Pickering, D.J.,& Pollock, J.E. (2001).*Classroom Instruction that Works: Research-based Strategies for Increasing Student Achievement*. Virginia: Association for Supervision andCurriculum Development.
- Meyers, C., & Jones, T.B. (1993).*Promoting Active Learning: Strategies for the College Classroom*. San Francisco:Jossey-Bass.
- Newell, R. (2003). *Passion for Learning: How Project-based Learning meets the Needs of 21st Century Students*.Maryland : The Scarecrow Press.
- Nuangchalerm, P.,&Prachagool, V. (2010). Promoting Transformative Learning of Preservice Teachers though Contemplative Practices.*Asian Social Science*, 6(1), 95-99.
- Prawat, R.S.,&Floden, R.E. (1994).Philosophical Perspective on Constructivist Views of Learning. *Educational Psychologist*, 29(1), 37-48.
- Santrock, J.W. (2006). *Educational Psychology*.(2nded.). Boston: McGraw Hill.
- Schon, D.A. (1983). *The Reflective Practitioner*.New York: Basic Books.
- Schulte, P.L. (1996). A Definition of Constructivism.*Science Scope*, 20(3), 25-27.
- Trilling, B.,&Fadel, C. (2009).*21st Century Skills: Learning for Life in Our Times*. California: John Wiley & Sons.
- Turiman, P., Omar, J., Daud, A.M.,& Osman, K. (2012).Fostering the 21st Century Skills through Scientific Literacy& Science Process Skills.*Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 59,110-116.
- Weiten, W. (2007).*Psychology: Themes & Variations*. (7thed.). USA: Thomson Learning.